

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10177112  
PUBLICATION DATE : 30-06-98

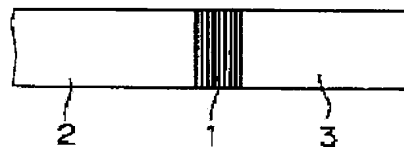
APPLICATION DATE : 17-12-96  
APPLICATION NUMBER : 08336737

APPLICANT : TOKAI RUBBER IND LTD;

INVENTOR : MIYABE KAZUMICHI;

INT.CL. : G02B 6/00 G02B 6/10

TITLE : OPTICAL FIBER WITH FILTER AND ITS PRODUCTION



**ABSTRACT :** PROBLEM TO BE SOLVED: To lessen light loss and to improve the long-term reliability at a low cost, by making the end face of a second optical fiber butt against the optical filter film of a first optical fiber so that the end faces thereof face each other and fusion splicing the butting part via an optical filter.

**SOLUTION:** The end face of the second optical fiber 3 is butted against the optical filter film 1 of the first optical fiber 2 having the optical filter film 1 formed on the end face by vapor deposition in such a manner that the end faces face each other. The butting parts are fusion-spliced via the optical filter film 1. The fusion splicing is executed by aligning the axes of both optical fibers 2, 3 to each other and preheating the parts facing each other, then shaping and heating the optical fibers 2, 3 while pushing one of these fibers into the direction where the fibers are butted against each other. As a result, the optical filter film 1 and the end faces of the optical fibers 2, 3 are tightly adhered without clearances and, therefore, the light loss at the boundary decreases drastically. Since adhesives are not used, the high environmental reliability is obtained when the optical fiber with the filter is used for a long period.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

53

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-177112

(43) 公開日 平成10年(1998) 6 月30日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 6/00  
6/10

識別記号

3 0 6

F I

G 0 2 B 6/00  
6/10

3 0 6

B

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平8-336737

(22) 出願日

平成 8 年(1996) 12月17日

(71) 出願人 000219602

東海ゴム工業株式会社

愛知県小牧市大字北外山字哥津3600番地

(72) 発明者 宮部 一道

愛知県小牧市大字北外山字哥津3600番地

東海ゴム工業株式会社内

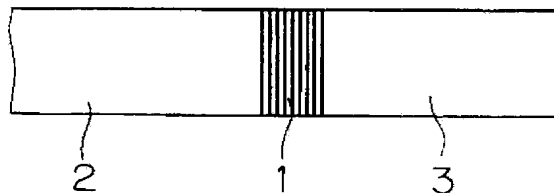
(74) 代理人 弁理士 西藤 征彦

(54) 【発明の名称】 フィルター付き光ファイバーおよびその製法

(57) 【要約】

【課題】 光損失が少なく、低コストで長期信頼性にも優れたフィルター付き光ファイバーおよびその製法を提供する。

【解決手段】 蒸着により端面に光フィルター膜1が形成された第1光ファイバー2の上記光フィルター膜1に、第2光ファイバー3の端面が対面するよう突き合わせられ、この突き合わせ部が上記光フィルター膜1を介して融着接続されるようにした。



1: 光フィルター 膜

2: 第1光ファイバー

3: 第2光ファイバー

**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 蒸着により端面に光フィルター膜が形成された第1光ファイバーの上記光フィルター膜に、第2光ファイバーの端面が対面するよう突き合わせられ、この突き合わせ部が上記光フィルター膜を介して融着接続されていることを特徴とするフィルター付き光ファイバー。

【請求項2】 第1光ファイバーの光フィルター膜の表面に酸化珪素膜が形成され、この第1光ファイバーと第2光ファイバーとが融着接続されている請求項1記載のフィルター付き光ファイバー。

【請求項3】 光ファイバーの端面が、光ファイバー軸線の垂直面に対して傾斜面に形成されている請求項1または2記載のフィルター付き光ファイバー。

【請求項4】 蒸着により端面に光フィルター膜が形成された第1光ファイバーと、第2光ファイバーとを準備し、上記両光ファイバーを第1光ファイバーの光フィルター膜と第2光ファイバーの端面とが対面するよう配設し、上記両光ファイバーの対面した部分を上記光フィルター膜を介して融着接続することを特徴とするフィルター付き光ファイバーの製法。

【請求項5】 第1光ファイバーの端面に光フィルター膜を形成させ、この光フィルター膜の表面に酸化珪素膜を形成させたのち、この第1光ファイバーと第2光ファイバーとを融着接続するようにした請求項4記載のフィルター付き光ファイバーの製法。

【請求項6】 融着接続が、第1光ファイバーの酸化珪素膜と第2光ファイバーの端面とが対面するよう配設され、上記両光ファイバーの対面した部分を予備加熱したのち、少なくともいずれか一方の光ファイバーを突き合わせる方向に押し込むことにより行われ、上記酸化珪素膜と第2光ファイバーの端面が接触した後の光ファイバー押し込み量が、上記酸化珪素膜の膜厚以下である請求項5記載のフィルター付き光ファイバーの製法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、光損失が少なく、低コストで環境信頼性にも優れるフィルター付き光ファイバーおよびその製法に関するものである。

**【0002】**

【従来の技術】一般に、光ファイバーによる光通信においては、波長の選択的透過や反射防止、光減衰等を行うため、光フィルターが用いられる。このような光フィルター付きの光ファイバーは、真空蒸着等で成膜されて形成されたフィルター素子が光ファイバーの途中に挿入されて構成されるものであり、基板固定型とフェルル挿入型とがある。

【0003】基板固定型の光ファイバーは、図13

(a) および図13(b)に示すように、基板40上に、長手方向に沿うように複数の光ファイバー41が固

定され、上記光ファイバー41を切断して基板40に至る素子挿入溝42が、基板中央に横方向に刻設され、上記素子挿入溝42にフィルター素子43が挿入されて接着剤44で固定されている。また、フェルル挿入型の光ファイバーは、図14(a)および図14(b)に示すように、フェルル46の軸心に穿設された挿通穴45に光ファイバー41が挿通され、このフェルル46の側面部(図では上側)に、挿通された光ファイバー41を切断するように素子挿入溝42が刻設され、この素子挿入溝42にフィルター素子43が挿入されて接着剤44で固定されている。

【0004】上記基板固定型およびフェルル挿入型の光フィルターでは、いずれも、フィルター素子43の厚みより少し大きな幅の素子挿入溝42が形成され(すなわち光ファイバー41もフィルター素子43の厚みより長い距離切断される)、フィルター素子43が素子挿入溝42に挿入されて接着固定されているため、上記フィルター素子43と光ファイバー41の端面との間に隙間ができ、この隙間には接着剤44が充填されている。

**【0005】**

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の基板固定型およびフェルル挿入型の光ファイバーでは、基板40やフェルル46、接着剤44等が必要で材料コストがかかるうえ、基板40やフェルル46の寸法だけ大形化するという問題がある。また、基板40やフェルル46への溝加工や、フィルター素子43の挿入、接着等の作業が必要で製造工程が多い。しかも、フィルター素子43の厚みが10~30 $\mu$ mであるのに対し、素子挿入溝42の幅がフィルター素子43の厚みプラス1~10 $\mu$ mしかなく、素子挿入溝42へのフィルター素子43の挿入作業が極めて行い難い。このため、生産性が極めて悪く、生産コストも高くなっている。また、フィルター素子43の厚み以上に光ファイバー41を切断し、フィルター素子43のフィルター面と光ファイバー41端面との間に隙間ができ、この隙間が接着剤44で充填されているため、光ファイバー41と接着剤44の界面および接着剤44とフィルター素子43の界面で光が散乱、反射し、余分な光損失が発生するという問題もある。しかも、フィルター素子43が接着剤44で固定されるため、長期間使用した場合の接着剤44の環境信頼性にも難点がある。

【0006】本発明は、このような事情に鑑みなされたもので、光損失が少なく、低コストで長期信頼性にも優れたフィルター付き光ファイバーおよびその製法の提供をその目的とする。

**【0007】**

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明のフィルター付き光ファイバーは、蒸着により端面に光フィルター膜が形成された第1光ファイバーの上記光フィルター膜に、第2光ファイバーの端面が対

面するよう突き合わせられ、この突き合わせ部が上記光フィルター膜を介して融着接続されていることを要旨とする。

【0008】また、本発明のフィルター付き光ファイバーの製法は、蒸着により端面に光フィルター膜が形成された第1光ファイバーと、第2光ファイバーとを準備し、上記両光ファイバーを第1光ファイバーの光フィルター膜と第2光ファイバーの端面とが対面するよう配設し、上記両光ファイバーの対面した部分を上記光フィルター膜を介して融着接続することを要旨とする。

【0009】すなわち、本発明のフィルター付き光ファイバーは、蒸着により端面に光フィルター膜が形成された第1光ファイバーと、第2光ファイバーとが突き合わせられ、この突き合わせ部が上記光フィルター膜を介して融着接続されている。このため、従来の基板固定型およびフェルール挿入型の光ファイバーのように、基板やフェルール、接着剤等を使用しないため、その分だけ材料コストが安くなる。また、基板やフェルールへの溝加工や、フィルター素子の挿入、接着等の作業が不要で製造工程が少なくてすみ、生産性が良くなり一層低コストになる。さらに、基板やフェルールがなく、光ファイバーからはみ出す余分なフィルター素子もない分だけ寸法を小形化できる。また、光フィルター膜と光ファイバー端面とが密着して隙間ができないため、界面での光損失が大幅に減少する。しかも、接着剤を使用しないため、長期間使用した場合の環境信頼性も高い。

【0010】また、本発明のフィルター付き光ファイバーにおいて、第1光ファイバーの光フィルター膜の表面に酸化珪素膜が形成され、この第1光ファイバーと第2光ファイバーとが融着接続されている場合には、融着接続の際の加熱によって、光フィルター膜の溶融による変形が防止され、フィルター性能が低下しないという利点がある。すなわち、第1および第2光ファイバーの突き合わせ部を融着接続する際の加熱により、光フィルター膜が過熱されて溶融変形し、そのまま接続するとフィルター性能が低下したりフィルターとして機能しなくなったりする場合がある。そこで、上記のようにすることにより、過熱されたとしても酸化珪素膜だけが溶融変形し、光フィルター膜が変形等することがないため、フィルター性能が低下しない。

【0011】また、本発明のフィルター付き光ファイバーにおいて、光ファイバーの端面が、光ファイバー軸線の垂直面に対して傾斜面に形成されている場合には、融着接続界面で反射する光を外部に逃がし、反射戻り光による光源への雑音が少なくなるという効果を奏する。

【0012】また、本発明のフィルター付き光ファイバーの製法は、蒸着により端面に光フィルター膜が形成された第1光ファイバーと、第2光ファイバーとを上記光フィルター膜を介して融着接続する。このため、従来の基板固定型およびフェルール挿入型の光ファイバーの場

合のように、基板やフェルール、接着剤等を使用しないため、その分だけ材料コストが安くなる。また、基板やフェルールへの溝加工や、フィルター素子の挿入、接着等の作業が不要で製造工程が少なくてすみ、生産性が良くなり生産コストが一層低くなる。さらに、基板やフェルールがなく、光ファイバーからはみ出す余分なフィルター素子もない分だけ寸法を小形化できる。また、光フィルター膜と光ファイバー端面とが密着して隙間ができないため、界面での光損失が大幅に減少した光ファイバーが得られる。しかも、接着剤を使用しないため、長期間使用した場合の環境信頼性の高い光ファイバーが得られる。

【0013】また、本発明のフィルター付き光ファイバーの製法において、第1光ファイバーの端面に光フィルター膜を形成させ、この光フィルター膜の表面に酸化珪素膜を形成させたのち、この第1光ファイバーと第2光ファイバーとを融着接続するようにした場合には、融着接続の際の加熱によって、光フィルター膜の溶融による変形が防止され、フィルター性能を低下させることがないという利点がある。すなわち、第1および第2光ファイバーの突き合わせ部を融着接続する際の加熱により、光フィルター膜が過熱されて溶融変形し、そのまま接続するとフィルター性能が低下したりフィルターとして機能しなくなったりするという問題がある。そこで、上記のようにすることにより、過熱されたとしても酸化珪素膜だけが溶融変形し、光フィルター膜が変形等することがないため、フィルター性能が低下しない。

【0014】また、本発明のフィルター付き光ファイバーの製法において、融着接続が、第1光ファイバーの酸化珪素膜と第2光ファイバーの端面とが対面するよう配設され、上記両光ファイバーの対面した部分を予備加熱したのち、少なくともいずれか一方の光ファイバーを突き合わせる方向に押し込むことにより行われ、上記酸化珪素膜と第2光ファイバーの端面が接触した後の光ファイバー押し込み量が、上記酸化珪素膜の膜厚以下である場合には、両端面接触後の押し込みの際の光フィルター膜の変形が防止され、フィルター性能を低下させることがないという利点がある。すなわち、第1および第2光ファイバーの対面した部分を融着接続する際の押し込みによる応力で、光フィルター膜が変形してフィルター性能が低下したりフィルターとして機能しなくなったりするという問題がある。そこで、上記のようにすることにより、押し込まれても先端部の酸化珪素膜だけが変形し、光フィルター膜は変形することがないため、フィルター性能が低下することがない。

【0015】

【発明の実施の形態】つぎに、本発明の実施の形態を詳しく説明する。

【0016】図1は、本発明の実施の形態を示すフィルター付き光ファイバーである。このものは、蒸着により

端面に光フィルター膜1が形成された第1光ファイバー2の上記光フィルター膜1に、第2光ファイバー3の端面が対面するよう突き合わせられ、この突き合わせ部分が上記光フィルター膜1を介して融着接続されている。

【0017】本発明が対象とする光ファイバーは、材質的には、石英系光ファイバー、プラスチック光ファイバーのいずれであってもよい。また、構造的には、高屈折率のコアの周りに低屈折率のクラッドを被覆した2重構造のステップインデックス型(SI型)、もしくは、屈折率が半径方向に放物線状に変化するグレーティッドインデックス型(GI型)のいずれでもよい。さらに、1本の光ファイバーから構成される単心型光ファイバーでもよく、複数の光ファイバーから構成されるテープ状等の多心型光ファイバーでもよい。

【0018】上記石英系光ファイバーを形成する材質としては、例えば、 $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$  ガラス、 $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  ガラス、 $\text{TiO}_2-\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  ガラス、 $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  ガラス、 $\text{B}_2\text{O}_3-\text{La}_2\text{O}_3-\text{RO}$  ガラス、 $\text{NaF}-\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$  ガラス、 $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2\cdot\text{Ce}\cdot\text{Eu}$  ガラス、 $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2\cdot\text{AgCl}\cdot\text{Br}\cdot\text{I}$  ガラス、 $\text{TiO}_2(\text{Na}_2\text{O})-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  ガラス、 $\text{As}-\text{S}-\text{ハロゲン}$  ガラス、 $\text{Ge}-\text{Se}-\text{Te}$  ガラス、 $\text{GeO}_2-\text{SiO}_2$  ガラス、 $\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  ガラス等各種の材質があげられるが、特に限定されるものではない。上記石英系光ファイバーには、アクリレート樹脂、シリコン樹脂、ナイロン樹脂、紫外線硬化樹脂等の樹脂材料からなる保護被覆が行われる。

【0019】また、上記プラスチック光ファイバーを形成する材質としては、例えば、ポリメタクリル酸メチル(PMMA)、ポリスチレン、ポリカーボネート、ジエチレングリコールビスアリルカーボネート(CR-39)、アクリロニトリル・スチレン共重合体(AS樹脂)、メチルメタクレート・スチレン共重合体(MS樹脂)、ポリ-4-メチルペンテン(TPX)等各種の材質があげられるが、特に限定されるものではない。

【0020】本発明では、まず、第1光ファイバーの端面に、蒸着により光フィルター膜が形成される。

【0021】第1光ファイバー2は、図2(a)に示すように、その端面4が光ファイバーの軸線に対して垂直面になるよう形成されていてもよいし、図2(b)に示すように、光ファイバー軸線の垂直面に対して所定角度 $\alpha$ の傾斜面に形成されていてもよい。端面4を垂直面に形成すると、上記端面4の研磨等が行いやすく、コスト面で有利である。また、端面4を傾斜面に形成すると、融着接続界面で反射する光を外部に逃がし、反射戻り光による光源への雑音が少なくなるという効果を奏する。ここで、上記傾斜面の傾斜角度 $\alpha$ は、特に限定されるものではなく、任意に設定されるが、 $5\sim 8^\circ$  が最も好適

である。なお、第1光ファイバー2の端面4を傾斜面に形成した場合には、この第1光ファイバー2と融着接続する第2光ファイバーの端面も、第1光ファイバー2と同じ傾斜角度 $\alpha$ の傾斜面に形成する必要がある。

【0022】光フィルター膜を形成させる蒸着法としては、主として真空蒸着法、イオンアシスト蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法等のいわゆる物理蒸着法(PVD法)が行われるが、それ以外に、プラズマCVD法等の化学蒸着法(CVD法)等も行われ、特に限定するものではない。真空蒸着法とは、高真空中で蒸着物質を加熱蒸発させ、蒸発原子を光ファイバー端面に凝固させて皮膜を作る方法である。スパッタリング法とは、 $10^{-1}\sim 10$  Pa程度の不活性ガス(アルゴン等)を槽内に流し、電極間に数千ボルトの電圧をかけてグロー放電を起こさせ、不活性ガスイオンを負に印加したターゲットに衝突させ、飛散したターゲット物質を光ファイバー端面に凝固させる方法である。また、イオンアシスト蒸着法とは、イオン源からのイオンガスを基板表面に投射しながら薄膜形成物質を蒸着する蒸着法である。また、イオンプレーティング法とは、加熱蒸発させた蒸発原子をアルゴングロー放電中でイオン化し、負に印加した光ファイバー端面に衝突させ凝固させる方法である。これらの中でも、光フィルター膜として金属酸化物等を多層に積層した誘電体多層膜を形成させる場合には、緻密で密着性のよい光フィルター膜が得られるという観点から、イオンアシスト蒸着法が好適である。また、金属膜を形成させる場合には、真空蒸着法が好適である。

【0023】上記蒸着法により光フィルター膜として蒸着される物質としては、例えば、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZnS}$ 、 $\text{CeO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgF}_2$ 、 $\text{CaF}_2$ 、 $\text{BaF}_2$ 、 $\text{LiF}$ 、 $\text{NaF}$ 、 $\text{MgO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Mg}$ 、 $\text{Co}$ 等各種の物質があげられ、特に限定されるものではない。これらは単層でもしくは複数種類が積層された複層として形成される。

【0024】これらの蒸着法は、樹脂製の被覆を損傷させないようにするため、無加熱もしくは低温で行う必要がある。また、保護被覆のある石英系光ファイバーに対して蒸着を行う場合には、高真空中で保護被覆からガスが放出されて真空度が低下して光フィルター膜の特性が悪化するため、例えば、第1光ファイバーを治具にセットして蒸着することが行われる。すなわち、図3(a)に示すように、治具7は、ケース5と、このケース5をシールゴム10aを介して密閉する蓋6とからなり、上記蓋6には、シールゴム10bで第1光ファイバー2の端部近傍を密閉状に挟持する挟持部11が設けられている。上記第1光ファイバー2は、図3(b)に示すように、端面近傍の保護被覆9が剝離除去され、上記第1光ファイバー2の端面4が露呈するよう上記蓋6の挟持部

にゴムシール10bを介して挟持される。この状態で、上記第1光ファイバー2は治具7内に密閉される。上記ゴムシール10a、10bとしては、ガス放出が少ないフッ素系ゴム等が用いられる。そして、第1光ファイバー2の端面4だけが露呈された状態で蒸着装置8内に装入されて蒸着が行われる。このとき、蒸着装置8内は高真空になる一方、治具7内は大気圧に保たれるため、保護被覆9からガスが放出されて蒸着装置8内の真空度が低下することはない。図3(a)において12はヒーターである。

【0025】また、図4に示すように、石英系光ファイバーの保護被覆を除去し、所定長さL(15~30mm)だけ切り出した裸の光ファイバー13を蒸着装置内に挿入し、その一方の端面4に蒸着を行って光フィルター膜1を形成させるようにしてもよい。このようにしても、保護被覆からガスが放出されて蒸着装置内の真空度が低下することはない。

【0026】そして、上記第1光ファイバーの光フィルター膜と第2光ファイバーの端面とが対面するよう両光ファイバーが配設され、上記両光ファイバーの対面した部分が融着接続される。このとき、石英系光ファイバーを融着接続させる場合には、両光ファイバーの端面近傍は、保護被覆が剥離されて行われる。

【0027】融着接続は、例えば、まず、第1光ファイバーの光フィルター膜と第2光ファイバーの端面とが対面するよう配設された上記両光ファイバーを軸合わせし、上記両光ファイバーの対面した部分を予備加熱したのち、少なくともいずれか一方の光ファイバーを突き合わせる方向に押し込みながら整形加熱することにより行われる。

【0028】軸合わせは、一般に、GI型の場合は両光ファイバーの端面部分の外径部を基準にし、SI型の場合はコア部を基準にして行われる。ところが、第1光ファイバーの端面に光フィルター膜を形成すると、上記光フィルター膜の部分は、光ファイバーの部分に比べて外径精度が悪く(±1~3μm程度精度が悪化する)、またはコアの確認が行い難くなるため、軸合わせ精度が悪くなって接続損失が大きくなる傾向がある。そこで、図5に示すように、軸合わせの際の基準となる調心位置Pを、光フィルター膜1から所定距離M(10~50μm程度)だけ外れた位置に設定して軸合わせを行うことが行われる。これにより、軸ずれを小さく抑えて接続損失を小さくすることができる。

【0029】予備加熱の熱源としては、ニクロムヒーター、炭酸ガスレーザー、YAGレーザー、気体放電、酸水素炎等の加熱炎等各種のものが用いられるが、これらのなかでも、石英系光ファイバーの場合、その融点が1800℃と高く、熔融させるには大きな熱量が必要であること等の理由から、主として気体放電が用いられる。

【0030】上記予備加熱は、図6に示すように、第1

光ファイバー2の光フィルター膜1と第2光ファイバー3の端面4とが対面するよう配設され、上記両光ファイバー2、3の対面した表面部分を加熱熔融させることが行われる。図6において14は気体放電させる電極である。ところが、第1光ファイバー2の端面に光フィルター膜1を形成させていると、この予備加熱の際に上記光フィルター膜1のエッジ部が過熱され、図7に示すように、熔融変形する場合がある。このように、光フィルター膜1が変形したまま接続されると、光フィルター膜1のフィルター性能を低下させたりフィルターとして機能しなくなったりするおそれがある。そこで、図8に示すように、上記光フィルター膜1の表面に蒸着により酸化珪素膜15を形成させたのち、第1光ファイバー2と第2光ファイバー3とを融着接続することが行われる。このようにすることにより、たとえ、予備加熱の際第1光ファイバー2のエッジ部が過熱されたとしても、熔融変形するのは酸化珪素膜15だけであり、光フィルター膜1が変形等することはない。このため、融着接続後にフィルター性能が低下等することがなくなる。ここで、上記酸化珪素膜15の厚みは、1.5~5μm程度が好ましい。1.5μm未満では、酸化珪素膜15を形成させる効果に乏しく光フィルター膜1まで熔融変形するおそれが高く、5μmを越えると、かえって光損失が大きくなるおそれがあるからである。

【0031】また、光フィルター膜1の熔融変形を防止する他の方法として、図9に示すように、電極14の位置を、対面した両光ファイバー2、3間の中央(図において鎖線で示している)から所定距離N(3~5μm程度)だけ第2光ファイバー3側へずらせることにより、光フィルター膜1の過熱を防止することも行われる。

【0032】対面した部分が予備加熱された第1および第2の光ファイバーは、少なくともいずれか一方の光ファイバーが突き合わせる方向に押し込まれながら整形加熱され、熔融状態もしくは半熔融状態になった両光ファイバーの先端表面が接触し、接触後さらに所定距離押し込まれて融着接続が完了する。ところが、第1光ファイバーの端面に光フィルター膜を形成させていると、両光ファイバーの先端部分が接触した後の押し込みの際に、上記光フィルター膜が変形してフィルター性能を低下させたりフィルターとして機能しなくなったりするおそれがある。そこで、第1光ファイバー2の光フィルター膜1の表面に酸化珪素膜15を形成し(図8参照)、この酸化珪素膜15表面と第2光ファイバー3の端面とが接触した後の光ファイバー2、3の押し込み量を、上記酸化珪素膜15の厚み以下に設定することが行われる。このようにすることにより、押し込みの際に酸化珪素膜15だけが変形して光フィルター膜1は変形しないため、フィルター性能が低下することがなくなる。

【0033】また、第1光ファイバーとして、保護被覆を除去して所定長さLだけ切り出した光ファイバー13

を用い、その一方の端面に光フィルター膜1を形成させた場合(図4参照)には、図10に示すように、まず、上記光ファイバー13の光フィルター膜1と第2の光ファイバー3の端面4とが対面するよう両光ファイバー13、3を配設して融着接続し、ついで、上記光ファイバー13の他方の端面を他の光ファイバー16と融着接続し、上記光ファイバー13をジョイント部として一本の長尺光ファイバーを得ることが行われる。図10において、9は保護被覆である。

【0034】石英系光ファイバーの場合には、融着接続後の接続部分は、保護被覆9が剥離除去されているため、補強することが行われる。補強の方法としては、図11に示すように、融着接続した光ファイバー2、3の接続部分にエチレンビニルアルコール等からなる樹脂チューブ18を被せて銅心17を沿わせ、上記銅心17と樹脂チューブ18とをポリエチレン等からなる熱収縮チューブ19に挿入して加熱し、上記熱収縮チューブ19を加熱収縮させて固定することが行われる。また、他の補強の方法としては、図12に示すように、溝20が形成された2枚の金属板21を準備し、両金属板21にホットメルト接着剤22を塗布して上記溝20に光ファイバー2、3を沿わせ、両金属板21を合わせて接着固定することが行われる。

【0035】つぎに、実施例について説明する。

【0036】

【実施例1】石英系のG I型ファイバー(直径 $125\mu\text{m}$ 、端面の角度は $0^\circ$ )を使用し、保護被覆を除去して $30\text{mm}$ 長さ切り出した第1光ファイバーを準備した。この第1光ファイバーの一方の端面に、イオンアシスト蒸着法により $\text{TiO}_2$ 層と $\text{SiO}_2$ 層をそれぞれ厚み $0.25\mu\text{m}$ で交互に蒸着して積層し、厚み $10\mu\text{m}$ の光フィルター膜を形成した。このときの蒸着装置内の真空度は、 $5 \times 10^{-7}\text{Torr}$ であった。さらに、この光フィルター膜の表面に厚み $3\mu\text{m}$ の酸化珪素膜を蒸着によって形成させた。

【0037】そして、この第1光ファイバーと第2光ファイバーとを、第1光ファイバーの酸化珪素膜と第2光ファイバーの端面が対面するよう配設し、下記の融着条件で融着接続した。さらに、上記第1光ファイバーの他の端面と他の光ファイバーとを融着接続して本発明の光フィルター付き光ファイバーを得た。

〔融着条件〕

加熱方法	: 気体放電
光ファイバー間の距離	: $10\mu\text{m}$
予備加熱時間	: $0.15\text{秒}$
押し込み量	: $2\mu\text{m}$
放電時間	: $4.5\text{秒}$

【0038】

【実施例2】石英系のG I型ファイバー(直径 $125\mu\text{m}$ )を使用し、端面の角度を $8^\circ$ とする以外は、実施例

1と同様にして本発明の光フィルター付き光ファイバーを得た。

【0039】

【実施例3】石英系のS I型ファイバー(直径 $125\mu\text{m}$ )を使用する以外は、実施例1と同様にして本発明の光フィルター付き光ファイバーを得た。

【0040】

【実施例4】石英系のG I型ファイバー(直径 $125\mu\text{m}$ 、端面の角度は $0^\circ$ )を使用し、保護被覆を除去して $30\text{mm}$ 長さ切り出した第1光ファイバーを準備した。この第1光ファイバーの一方の端面に、イオンアシスト蒸着法により $\text{TiO}_2$ 層と $\text{SiO}_2$ 層をそれぞれ厚み $0.25\mu\text{m}$ で交互に蒸着して積層し、厚み $10\mu\text{m}$ の光フィルター膜を形成した。

【0041】そして、この第1光ファイバーと第2光ファイバーとを、第1光ファイバーの酸化珪素膜と第2光ファイバーの端面が対面するよう配設し、下記の融着条件で融着接続した。さらに、上記第1光ファイバーの他の端面と他の光ファイバーとを融着接続して本発明の光フィルター付き光ファイバーを得た。

〔融着条件〕

加熱方法	: 気体放電(電極位置を、光ファイバー間の中心から第2光ファイバー側へ $5\mu\text{m}$ ずらせた)
光ファイバー間の距離	: $10\mu\text{m}$
予備加熱時間	: $0.1\text{秒}$
押し込み量	: $2\mu\text{m}$
放電時間	: $1.5\text{秒}$

【0042】

【実施例5】石英系のG I型ファイバー(直径 $125\mu\text{m}$ 、端面の角度は $0^\circ$ )を使用し、端面近傍の被覆を除去した長尺の第1光ファイバーを準備した。この第1光ファイバーを図3に示す治具にセットし、端面にイオンアシスト蒸着法により $\text{TiO}_2$ 層と $\text{SiO}_2$ 層をそれぞれ厚み $0.25\mu\text{m}$ で交互に蒸着して積層し、厚み $10\mu\text{m}$ の光フィルター膜を形成した。このときの蒸着装置内の真空度は、 $1 \times 10^{-6}\text{Torr}$ であり、治具を使用しない場合( $1 \times 10^{-4}\text{Torr}$ )に比べ、高真空が得られた。さらに、この光フィルター膜の表面に厚み $3\mu\text{m}$ の酸化珪素膜を蒸着によって形成させた。

【0043】そして、この第1光ファイバーと第2光ファイバーとを、第1光ファイバーの酸化珪素膜と第2光ファイバーの端面が対面するよう配設し、実施例1と同様に融着接続して本発明の光フィルター付き光ファイバーを得た。

【0044】

【比較例】厚み $0.5\text{mm}$ のガラス基板の表面に、 $\text{TiO}_2$ 層と $\text{SiO}_2$ 層がそれぞれ厚み $0.25\mu\text{m}$ で交互に蒸着して厚み $10\mu\text{m}$ のフィルター素子を形成させ、上記ガラス基板を厚み $10\mu\text{m}$ になるまで研磨して薄く

して総厚み20 $\mu$ mのフィルタチップを形成し、図13に示す基板型の光ファイバーを得た。

【0045】上記実施例1～5および比較例の光ファイバーについて、所定波長の光を透過させて透過率を測定し、同様の光をフィルターのみに透過させた場合の透過率を測定し、その差を透過ロスとして求めた。その結果、比較例の光ファイバーでは0.3～0.4dB程度の透過ロスがあったのに対し、各実施例の光ファイバーでは0.10～0.15dB程度に抑えられ、透過ロスが半分程度に減少した。

【0046】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、従来の基板固定型およびフェルル挿入型の光ファイバーのように、基板やフェルル、接着剤等を使用しないため、その分だけ材料コストが安くなる。また、基板やフェルルへの溝加工や、フィルター素子の挿入、接着等の作業が不要で製造工程が少なくてすみ、生産性が良くなり一層低コストになる。さらに、基板やフェルルがなく、光ファイバーからはみ出す余分なフィルター素子もない分だけ寸法を小形化できる。また、光フィルター膜と光ファイバー端面とが密着して隙間ができないため、界面での光損失が大幅に減少する。しかも、接着剤を使用しないため、長期間使用した場合の環境信頼性も高い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態のフィルター付き光ファイバーを示す側面図である。

【図2】第1の光ファイバーの端面の状態を示す側面図

であり、(a)は軸線に垂直面に形成された状態、

(b)は軸線の垂直面に対して傾斜面に形成された状態である。

【図3】(a)は治具を使用した蒸着装置を示す説明図であり、(b)は上記治具のゴムシール部を示す要部拡大図である。

【図4】所定長さ切り出した光ファイバーを示す側面図である。

【図5】軸合わせの調心位置を示す説明図である。

【図6】融着接続の工程を示す説明図である。

【図7】先端が溶融変形した第1光ファイバーを示す側面図である。

【図8】酸化珪素膜を形成した第1光ファイバーを示す側面図である。

【図9】融着接続の工程を示す説明図である。

【図10】他の融着接続の工程を示す説明図である。

【図11】接続部の補強状態を示す説明図である。

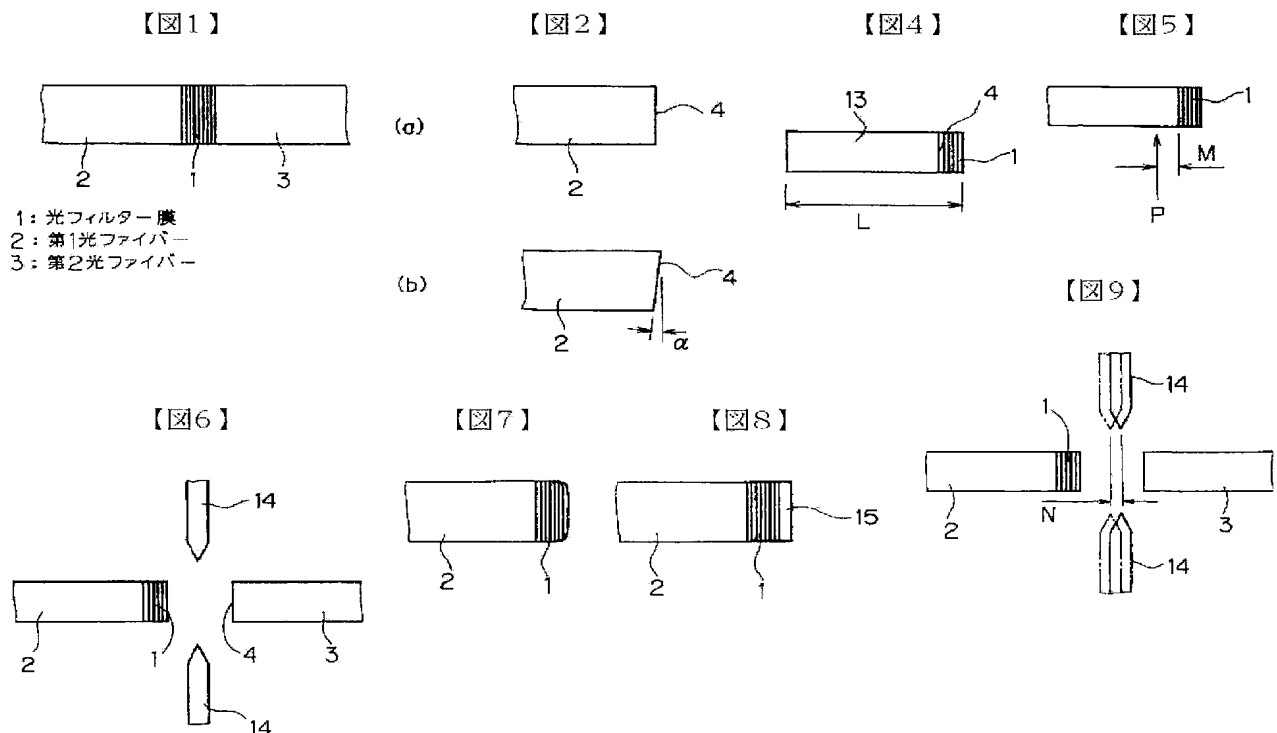
【図12】接続部の他の補強状態を示す説明図である。

【図13】従来例の基板固定型の光ファイバーを示す図であり、(a)は斜視図、(b)は要部断面図である。

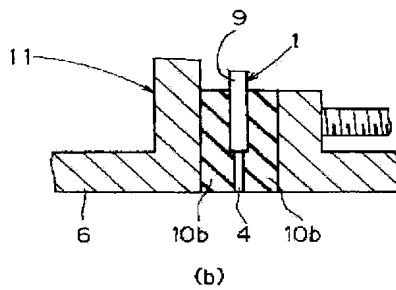
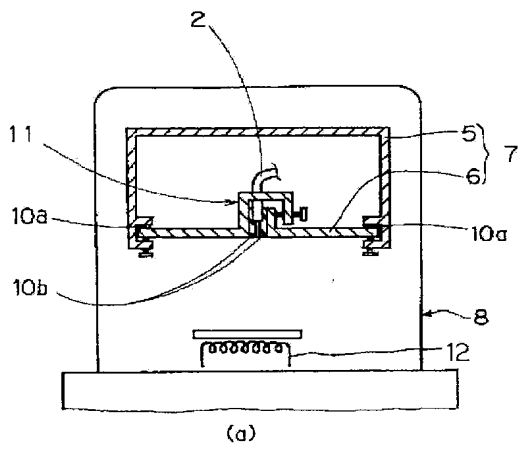
【図14】従来例のフェルル挿入型の光ファイバーを示す図であり、(a)は斜視図、(b)は要部断面図である。

【符号の説明】

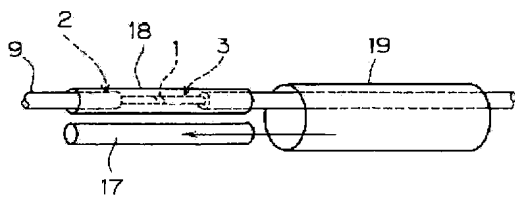
- 1 光フィルター膜
- 2 第1光ファイバー
- 3 第2光ファイバー



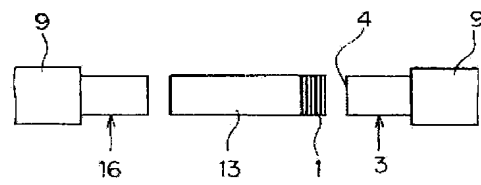
【図3】



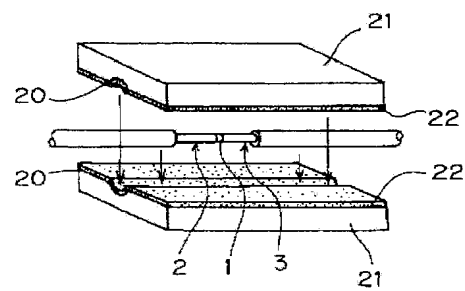
【図11】



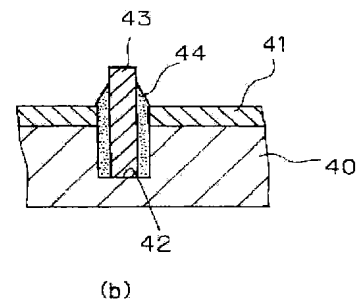
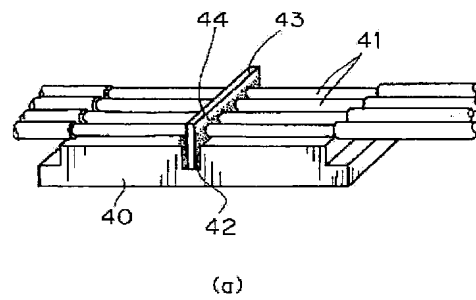
【図10】



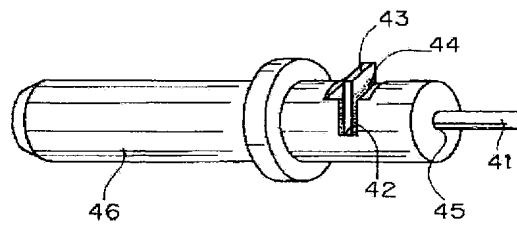
【図12】



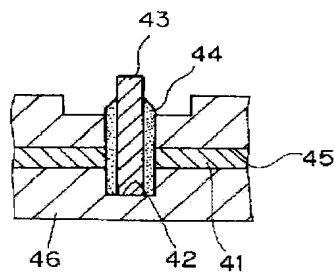
【図13】



【図14】



(a)



(b)